

Rückbau eines Versuchsreaktors

Dr. Dirk Windelberg, Hannover / D; Henrik Meierkord, Hannover / D

1 Einleitung

Am Beispiel eines realen Reaktors (Bild 1) wird vorgestellt, wie ein Rückbau in der Simulation geplant werden kann.

Zunächst werden alle verfügbaren Informationen gesammelt, um ein geometrisches Modell des Reaktors und seiner Einbauten zu erzeugen. Für den Rückbau wird dann untersucht, wie durch geeignete Wahl der Reihenfolge möglichst wenig Zerlegungen vor dem Ausbau durchgeführt werden müssen. Für Zerlegungen und Ausbau werden Werkzeuge optimiert.

Nach diesen Vorarbeiten wird der Rückbau modelliert. Für jedes einzelne Bauteil wird in der vorgesehenen Reihenfolge untersucht, ob und gegebenenfalls wo Kollisionen mit noch nicht ausgebauten Einbauten oder mit Werkzeugen bei ihrem Ausbau auftreten.



Bild 1: Blick von oben in einen realen Reaktor

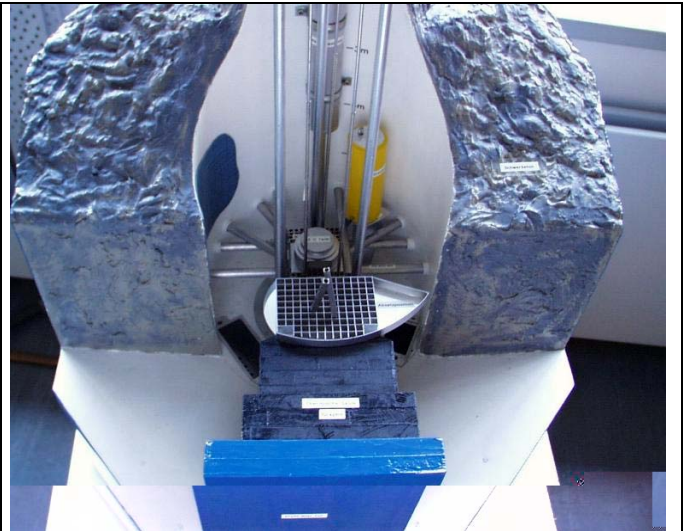


Bild 2: Modell des Reaktors

2 Vorarbeiten

In [1] wurde ein spezielles Programm geschrieben, um für einen vorgegebenen Reaktor Bewegungsabläufe zu simulieren. Hier werden Baupläne, vorhandene Modelle (Bild 2) und eigene Messungen in ein kommerzielles 3-D-Programm (SolidWorks) [2] manuell eingegeben. Dadurch ist die hier vorgestellte Rückbau-Simulation nicht auf einen (Versuchs-)Reaktor beschränkt, sondern auf viele Reaktoren anwendbar.

Bereits nach der Eingabe der Geometrie-Daten werden die Abmessungen der *kleinsten Öffnung* bestimmt, durch die beim Abbau sämtliche Bauteile aus dem Reaktor transportiert werden sollen.

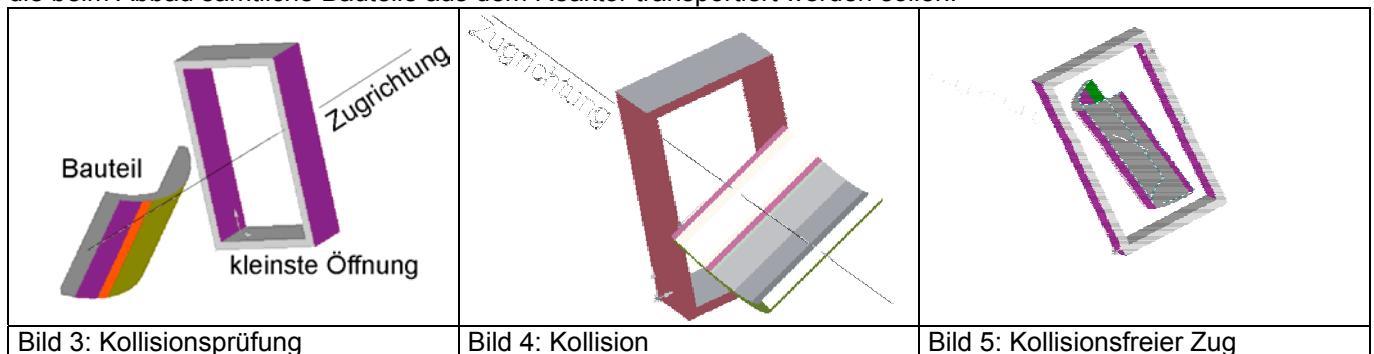


Bild 3: Kollisionsprüfung

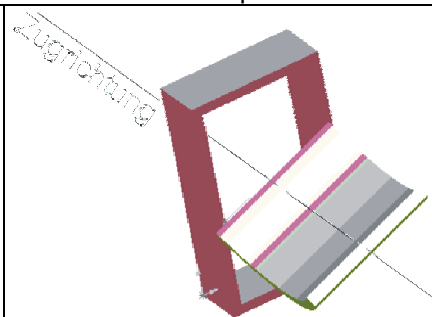


Bild 4: Kollision

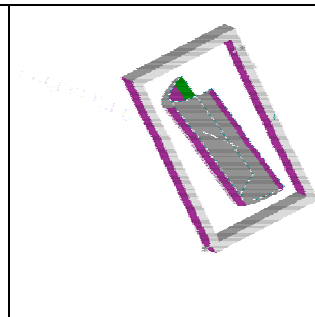


Bild 5: Kollisionsfreier Zug

Das grundsätzliche Problem der Verschiebbarkeit durch eine kleine Öffnung wird in Bild 3 vorgestellt: Es soll die Frage beantwortet werden, ob es zu einer vorgegebenen Zugrichtung einen Drehwinkel gibt, unter dem das gewölbte Bauteil durch die kleine Türöffnung bewegt werden kann. Da das Bauteil gewölbt ist, kann nicht sofort erkannt werden, ob es durch die Tür gezogen werden kann: In Bild 4 wird gezeigt, dass es einen Drehwinkel gibt, unter dem Bauteil und Tür kollidieren. In diesem Fall reagiert das Programm ("Kollisionskontrolle"), indem z.B. sich berührende Flächen verfärbt werden und/oder eine weitere Verschiebung verhindert wird. Hier wird in Bild 5 ein Drehwinkel gefunden, unter dem das Bauteil durch die Türöffnung passt. Mit Unterstützung der Kollisionskontrolle des Programmes sind bei der Modellierung für jedes Bauteil, das nicht bereits auf den ersten Blick durch die kleinste Öffnung gezogen werden kann, mögliche Trenn-Ebenen vorzusehen - d.h. jedes grössere Bauteil ist aus mehreren Einzelteilen zu modellieren, wobei jedes dieser Einzelteile mit Sicherheit durch diese kleinste Öffnung gezogen werden kann. Damit wird dann entschieden, welche Einbauten vor dem Ausbau zerlegt werden müssen.

Für diese Zerlegung sind entsprechende Werkzeuge mit ihrer Führung bereitzustellen oder zu konstruieren und ebenfalls in die Modellierung einzubinden, um die Erreichbarkeit der einzelnen Einbauten des Reaktors zu gewährleisten. Hier sind z.B. ein Greifer und eine Säge so zu einem Werkzeug zusammengebaut, dass ein Rohr einerseits mit dem Greifer festgehalten werden kann (Bild 6) und andererseits an einer Seite (vor oder hinter dem Greifer) abgesägt wird. Bild 7 zeigt verschiedene Sägen: Zusammen mit dem Greifer bildet die oben dargestellte Säge den Roboter aus Bild 6, während die untere Säge zum Abtrennen der Bleiplatte von der thermischen Säule konstruiert wurde. Zum Ausbau des Wärmetauschers wurde eine Saugglocke konstruiert.

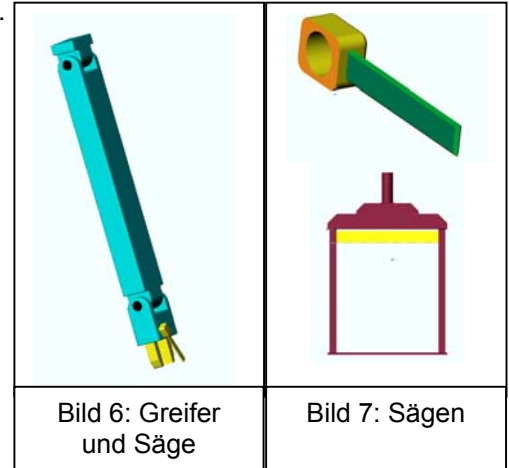


Bild 6: Greifer und Säge

Bild 7: Sägen

3 Rückbau

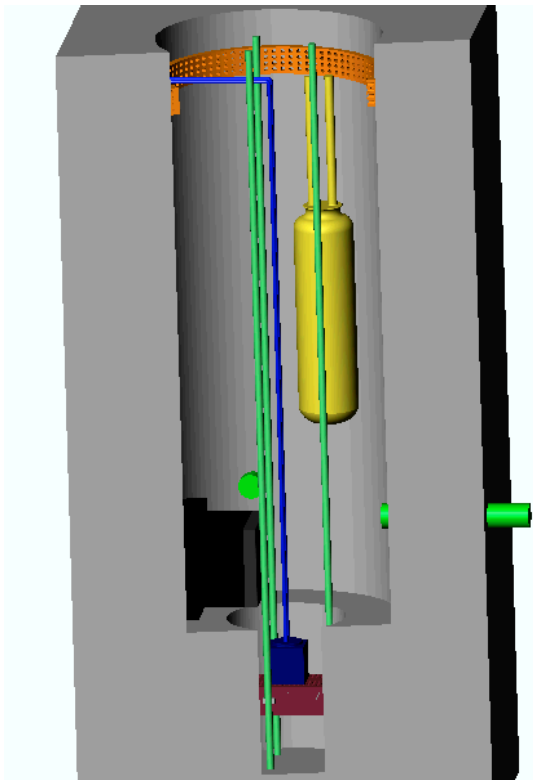


Bild 8: Geometrie für die Rückbau-Simulation des Reaktors

Sämtliche Teile (sowohl die einzelnen Komponenten der Einbauten als auch die Werkzeuge) wurden so modelliert, dass sie jeweils unabhängig voneinander beweglich sind.

Die Simulation des Rückbaus erfolgte in der vorgesehenen Reihenfolge:

Zunächst wurden die Zuleitungsrohre zum Schwerwassertank, die Tragstützen und die Zuleitungen zum Wärmetauscher entfernt; mit einer speziell konstruierten Saugglocke folgte dann der Wärmetauscher selbst. Auch der Schwerwassertank wurde mit einem speziellen Greifer entfernt. Bei der Bodenplatte kam es zu den in den Bildern 9 bis 11 dargestellten Kollisionen:

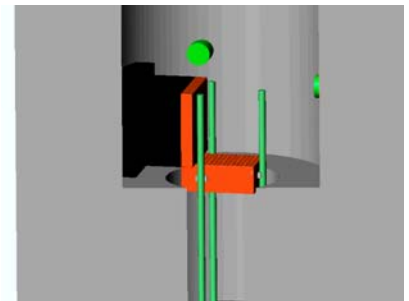


Bild 9: Die Bodenplatte kollidiert mit der Bleiplatte bei der Führung durch die Tragstützen

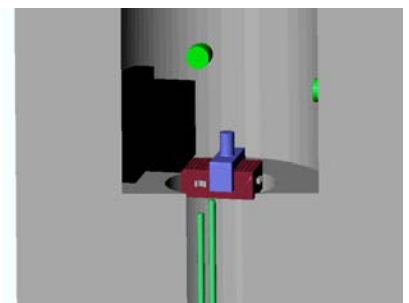


Bild 10: Nach Verkürzung der Tragstützen kann die Bodenplatte bis zur thermischen Säule hochgezogen werden

Es war notwendig, zunächst die Bleiplatte vor der thermischen Säule mit der Säge aus Bild 7 abzusägen. Die in Bild 11 gezeigte Kollision zwischen der Bodenplatte und der thermischen Säule konnte durch horizontales Verschieben der Bodenplatte vermieden werden.

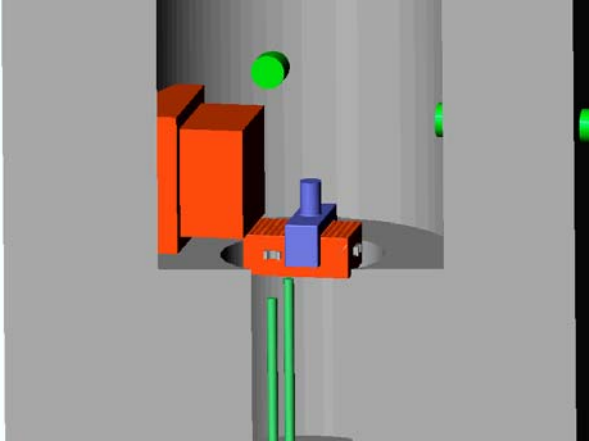


Bild 11: Nach Verkürzung der Tragstützen kann die Bodenplatte bis zur thermischen Säule hochgezogen werden

Da auch in einer 3-D-Darstellung sowohl die Erreichbarkeit einzelner Bauteile durch einen Werkzeugroboter als auch eine mögliche Kollision nicht immer erkannt wird, zeigte sich die besondere Bedeutung der Kollisionskontrolle durch das Programm.

Obwohl in den Vorarbeiten festgelegt wurde, zu welchem Zeitpunkt welche Einbauten an welchen Stellen getrennt werden sollten und auf welchem Weg sie dann kollisionsfrei das Becken verlassen sollten, kann es beim realen Rückbau vorkommen, dass trotz der sorgfältigen Planung Überraschungen auftreten, da nicht alle nachträglichen Umbauten dokumentiert waren oder da Materialkennwerte nicht vorlagen.

Diese Überraschungen gäbe es jedoch auch ohne Simulation.

4 Literatur

[1] U.Kühnapfel: KISMET - 3D-Grafik zur Planung, Programmierung und Überwachung von Telerobotik-Applikationen. Kernforschungszentrum Karlsruhe.

[2] SolidWorks: <http://www.solidworks.com>

Dismantling of an experimental reactor

Dr. Dirk Windelberg, Hannover / D; Henrik Meierkord, Hannover / D

1 Introduction

We give a short overview for the simulation of a decomposition of an experimental reactor (Bild 1).

At first, we try to enter all information for a geometric model of this reactor and its equipment. With respect to the dismantling we optimize the chronological order which is suitable to remove all devices, using as less cuttings as possible. After this optimization of the order we are able to construct the tools which can cut those devices which are too large.

Now the simulation can start: For each device we proof the collision risk if it is removed in the calculated order. Especially we decide on the movement of the tools during its path to and from a device which has to be cut or removed.

2 Requirements

In [1] we find a description of a program which is written for pursuance the moving of robots in a special reactor. Here we use plans, maps and models (Bild 2) as well as individual measurements concerning the reactor and its equipment which we enter into a commercial 3-D-program (SolidWorks) [2]. Therefore it is possible to apply our results not only to one (experimental) reactor, but to many other reactors.

Just in this phase we look for the possibilities where the components can be removed: We will find the dimensions of the *smallest opening* which all installations has to pass.

The fundamental passing-problem is shown in Bild 3: We have to decide if it is possible to pull the vaulted equipment through the smallest opening. For this decision we have look if there exists an angle of rotation which allows the passing through this smallest opening.

In Bild 4 we show that the passing through is not trivial. But a collision between opening and equipment requires a reaction of the program: It has to stop and both parts of the collision should become colored ("control of collision"). Nevertheless, Bild 5 shows that there is an angle where the equipment can pass the smallest opening.

Using the control of collision of the program we predetermine cutting-planes for each device which is too large for the smallest opening. Therefore we compose the large devices of small parts, where each part can pass the smallest opening.

But now we know that we need tools and its guide for the dismantling of the composed devices. Some tools and guides are available, but others are designed. We designed claw arm with a combination of a clamp and a saw (Bild 6); this robot is applicable to dismantling, that means for cutting or/and gripping. With this tool it is possible to hold the saw together with that pipe which we have to cut off from the device. The saw can be used on both sides of the clamp. In Bild 7 we show the saw of this combination (above), and the saw which is shown below is designed for removing the lead cladding from the thermal column. A siphon was designed for the heat exchanger.

These tools are integrated into this simulation. (The development of new tools is possible before we start with the real dismantling.)

3 Dismantling

For this dismantling all devices of the reactor (Bild 8) and all tools are designed as independent elements: it is possible to move only one tool (or device).

Then we started the simulation of the dismantling in the predetermined chronological order. At first we moved the supply pipes of the heavy-water tank, the carrier support and the supply pipes of the heat exchanger; then the heat exchanger itself followed. The heavy-water tank also was removed with a special designed tool. But then we had a great collision: A hidden screw stopped the removing of the floor slab along the carrier support (Bild 9). In the simulation we saw that it was necessary to remove the lead cladding from the thermal column and the carrier support (Bild 10). A collision between the floor slab and the thermal column is shown in Bild 11, but this collision could be cleared up by a horizontal moving the floor slab.

The real decomposition gives us the possibility to compare the maps of the power plant with the real building - and the mistakes of the programming.

4 Literatur

[1] U.Kühnapfel: KISMET - 3D-Grafik zur Planung, Programmierung und Überwachung von Telerobotik-Applikationen. Kernforschungszentrum Karlsruhe.

[2] SolidWorks: <http://www.solidworks.com>